

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-123915
(P2002-123915A)

(43)公開日 平成14年4月26日(2002.4.26)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		H 0 1 F 10/32	5 D 0 3 4
H 0 1 F 10/32		H 0 1 L 43/08	Z 5 E 0 4 9
H 0 1 L 43/08		43/12	
43/12		G 0 1 R 33/06	R
		審査請求 有	請求項の数16 O L (全 19 頁)

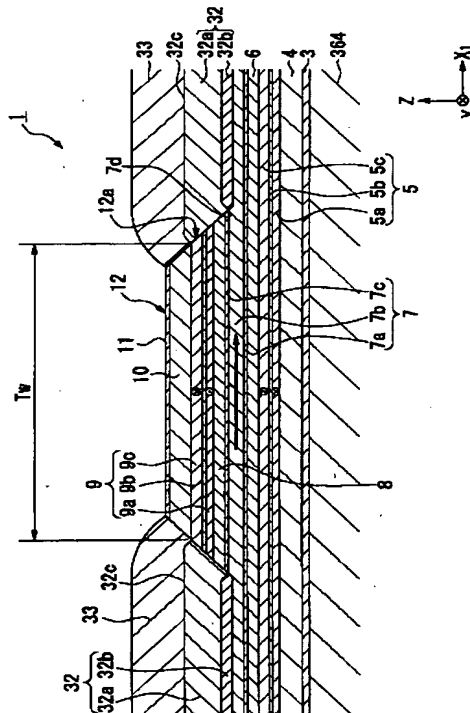
(21)出願番号	特願2000-315073(P2000-315073)	(71)出願人	000010098 アルプス電気株式会社 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
(22)出願日	平成12年10月16日(2000.10.16)	(72)発明者	長谷川 直也 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内
		(74)代理人	100064908 弁理士 志賀 正武 (外6名)
		Fターム(参考)	2G017 AC09 AD55 AD63 AD65 5D034 BA05 BA08 BB02 CA08 DA07 5E049 AA04 AC05 BA12 CB02 DB12

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及び浮上式磁気ヘッド並びにスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】トラック幅が狭くても再生感度が高いスピ
ナルブ型薄膜磁気素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 第2非磁性導電層8、第2固定磁性層9及び第2反強磁性層10がフリー磁性層7の一部上に順次積層されてなる積層突出部12aを具備する積層体12と、積層突出部12aのトラック幅方向両側に位置してフリー磁性層7上に積層され、交換結合バイアス磁界によりこのフリー磁性層7の磁化方向を揃える反強磁性バイアス層32、32を備えることを特徴とするスピナルブ型薄膜磁気素子1を採用する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 反強磁性層、第 1 固定磁性層、第 1 非磁性導電層及びフリー磁性層が順次積層されるとともに、第 2 非磁性導電層、第 2 固定磁性層及び第 2 反強磁性層が前記フリー磁性層の一部上に順次積層されてなる積層突出部を具備する積層体と、

前記積層突出部のトラック幅方向両側に位置して前記フリー磁性層上に積層され、交換結合バイアス磁界によりこのフリー磁性層の磁化方向を揃える一対の反強磁性バイアス層と、

前記一対の反強磁性バイアス層上に積層されて前記積層体に検出電流を与える一対のリード層とからなり、

前記第 1、第 2 固定磁性層の磁化方向が、前記第 1、第 2 反強磁性層との交換結合磁界によってそれぞれ固定されるとともに、前記フリー磁性層の磁化方向が前記反強磁性バイアス層により前記第 1、第 2 固定磁性層の各磁化方向の交叉方向に揃えられていることを特徴とするスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 2】 前記第 2 反強磁性層が、XMn 合金または $PtX'Mn$ 合金（ただし X は Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のなかのいずれか 1 種の元素であり、X' は Pd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Kr のなかのいずれか 1 種以上の元素である）のいずれかにより構成されるとともに、膜厚が 12 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 3】 前記第 2 反強磁性層の膜厚が、8 nm 以上 12 nm 以下であることを特徴とする請求項 2 に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 4】 前記第 1、第 2 固定磁性層はそれぞれ、2 以上の強磁性ピンド層と、これらの強磁性ピンド層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなり、隣接する各強磁性ピンド層の磁化方向が相互に反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされてなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 5】 前記第 1、第 2 固定磁性層はそれぞれ、2 つの強磁性ピンド層と、これらの強磁性ピンド層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなり、いずれか一方の強磁性ピンド層の膜厚が他方の強磁性ピンド層の膜厚より厚く形成され、各強磁性ピンド層の磁化方向が反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされてなることを特徴とする請求項 4 に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 6】 第 1 固定磁性層を構成する強磁性ピンド層のうち前記フリー磁性層の近くに位置する強磁性ピンド層の磁化方向と、第 2 固定磁性層を構成する強磁性ピンド層のうち前記フリー磁性層の近くに位置する強磁性ピンド層の磁化方向とが同一とされていることを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載のスピバルブ型

薄膜磁気素子。

【請求項 7】 前記一対の反強磁性バイアス層は、前記フリー磁性層上に積層された強磁性層と、該強磁性層上に積層された第 3 反強磁性層により形成され、該第 3 反強磁性層が、XMn 合金または $PtX'Mn$ 合金（ただし、X は Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のなかのいずれか 1 種の元素であり、X' は Pd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Kr のなかのいずれか 1 種以上の元素である）のいずれかより構成されてなり、

前記第 3 反強磁性層と前記強磁性層との間で発現した交換結合バイアス磁界によって、前記フリー磁性層の磁化方向が揃えられることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 8】 フリー磁性層の上面に凸部が設けられるとともに前記積層突出部が該凸部上に配置され、前記強磁性層が前記凸部のトラック幅方向両側に位置して前記フリー磁性層に接していることを特徴とする請求項 7 に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 9】 請求項 1 ないし請求項 8 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子が磁気情報の読出素子として備えられてなることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 スライダに、請求項 9 に記載の薄膜磁気ヘッドが備えられてなることを特徴とする浮上式磁気ヘッド。

【請求項 11】 基板上に、第 1 反強磁性層、第 1 固定磁性層、第 1 非磁性導電層、フリー磁性層、第 2 非磁性導電層、第 2 固定磁性層及び第 2 反強磁性層を順次積層して積層膜を形成する積層膜形成工程と、

前記積層膜に接する当接面と該当接面を挟む両側面とを具備してなるとともに、前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に一対の切込部が設けられてなるリフトオフレジストを、前記積層膜上に形成するレジスト形成工程と、

前記基板に対して角度 θ_1 の方向からエッチング粒子を前記積層膜に照射して、前記リフトオフレジストの切込部よりもトラック幅方向外側に位置する第 2 反強磁性層、第 2 固定磁性層及び第 2 非磁性導電層をエッチングし、残存した第 2 反強磁性層、第 2 固定磁性層及び第 2 非磁性導電層によりフリー磁性層上に積層突出部を形成しつつ、積層体を形成する積層体形成工程と、

前記基板に対して角度 θ_2 （ただし $\theta_2 > \theta_1$ ）の方向からスパッタ粒子を堆積して、前記リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側に、一対の反強磁性バイアス層を形成するバイアス層形成工程と、

前記基板に対して角度 θ_1 の方向から他のスパッタ粒子を堆積して、前記一対の反強磁性バイアス層上であって前記切込部よりトラック幅方向外側に、リード層を形成するリード層形成工程とからなることを特徴とするスピ

3

ンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項12】 前記積層膜形成工程において、前記第2反強磁性層をX Mn合金またはPt X' Mn合金（ただし、XはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかのいずれか1種の元素であり、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Krのなかのいずれか1種以上の元素である）のいずれかより構成するとともに、膜厚を12 nm以下とすることを特徴とする請求項11に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項13】 前記積層膜形成工程において、前記第2反強磁性層の膜厚を8 nm以上12 nm以下とすることを特徴とする請求項12に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項14】 前記バイアス層形成工程において、強磁性層と第3反強磁性層を順次積層して反強磁性バイアス層を形成することを特徴とする請求項11ないし請求項13のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項15】 前記積層体形成工程において、第2反強磁性層、第2固定磁性層及び第2非磁性導電層に加えてフリー磁性層の一部をエッチングすることにより、前記フリー磁性層の上面に前記積層突出部に接する凸部を形成しつつ積層体を形成し、前記バイアス層形成工程において、前記凸部のトラック幅方向両側に前記強磁性層を積層することを特徴とする請求項11ないし請求項14のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項16】 前記積層体形成工程において、エッチングの際に前記積層膜から叩き出されたスパッタ粒子種を2次イオン質量スペクトル分析法により分析してエッチングの終点を検出することを特徴とする請求項11ないし請求項15のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スピバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及び浮上式磁気ヘッド並びにスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法に関するものであり、特に、Exchange Bias方式を採用したデュアル型のスピバルブ型薄膜磁気素子及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】スピバルブ型薄膜磁気素子は、巨大磁気抵抗効果を示すGMR (Giant Magnetoresistive) 素子の一種であり、ハードディスクなどの記録媒体から記録磁界を検出するものである。しかもこのスピバルブ型薄膜磁気素子は、GMR素子の中で比較的構造が単純で、外部磁界に対して抵抗変化率が高く、弱い磁界で抵抗が変化するなどの優れた長所を有している。

4

【0003】図11は、従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の一例を、記録媒体との対向面(ABS面)側から見た場合の構造を示す断面図である。図11に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、フリー磁性層の厚さ方向両側にそれぞれ、非磁性導電層、固定磁性層、反強磁性層が一層ずつ積層された、いわゆるデュアルスピバルブ型薄膜磁気素子である。なお図11において、図示Z方向はハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向であり、図示Y方向は磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向であり、図示X₁方向はスピバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅方向である。またこのスピバルブ型薄膜磁気素子は、硬磁性材料等からなる一対のバイアス層からのバイアス磁界を、トラック幅方向からフリー磁性層に印加することによりフリー磁性層の磁化方向をトラック幅方向に揃えるいわゆるAbulleted接合型HardBias方式のスピバルブ型薄膜磁気素子である。

【0004】図11に示す従来のスピバルブ型薄膜磁気素子301は、基板302上に、Taなどからなる下地層303、第1反強磁性層304、第1固定磁性層305、Cuなどからなる第1非磁性導電層306、フリー磁性層307、Cuなどからなる第2非磁性導電層308、第2固定磁性層309、第2反強磁性層310及びTaなどからなる保護層311が順次積層されてなる積層体312と、この積層体312の図示X₁方向両側に形成されたCOPt合金等からなる一対のバイアス層332、332と、このバイアス層332、332上に積層されたCu等からなる一対のリード層334、334とを主体として構成されている。なお図11に示すように、積層体312の上面の図示X₁方向の幅の寸法により、光学的トラック幅Twが決定される。

【0005】第1固定磁性層305は、第1強磁性ピンド層305aと、第1非磁性中間層305bと、第2強磁性ピンド層305cとが積層されて構成されている。第2強磁性ピンド層305cの膜厚は、第1強磁性ピンド層305aの膜厚より大とされている。第1強磁性ピンド層305aの磁化方向は、第1反強磁性層304との交換結合磁界によって図示Y方向に固定され、また第2強磁性ピンド層305cは、第1強磁性ピンド層305aと反強磁性的に結合してその磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定されている。

【0006】このように第1、第2強磁性ピンド層305a、305cの磁化方向が互いに反平行とされているため、それぞれの層の磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第2強磁性ピンド層305cが第1強磁性ピンド層305aよりも厚く形成されているので、第2強磁性ピンド層305cの磁化(磁気モーメント)が僅かに残存し、これにより第1固定磁性層305全体の磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定される。

【0007】また、第2固定磁性層309は、第3強磁性ピンド層309aと、第2非磁性中間層309bと、

5

第4強磁性ピンド層309cとが積層されて構成されている。第3強磁性ピンド層309aの膜厚は、第4強磁性ピンド層309cの膜厚より小とされている。第4強磁性ピンド層309cの磁化方向は、第2反強磁性層310との交換結合磁界によって図示Y方向に固定され、また第3強磁性ピンド層309aは、第4強磁性ピンド層309cと反強磁性的に結合してその磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定されている。

【0008】このように第1固定磁性層305の場合と同様に、第3、第4強磁性ピンド層309a、309cのそれぞれの磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第4強磁性ピンド層309cが第3強磁性ピンド層309aより厚く形成されているので、第4強磁性ピンド層309cの磁化（磁気モーメント）が僅かに残存し、第2固定磁性層309全体の磁化方向が図示Y方向に固定される。

【0009】このように第1、第2固定磁性層305、309においては、第1～第4強磁性ピンド層305a、305c、309a、309cがそれぞれ反強磁性的に結合し、かつ第2、第4強磁性ピンド層305c、309cの磁化がそれぞれ残存しており、人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセティックフェリピンド）を示す層となる。

【0010】フリー磁性層307は、Co等よりなる第1拡散防止層307aと、NiFe合金等よりなる強磁性自由層307bと、Co等よりなる第2拡散防止層307cとが積層されて構成されている。第1、第2拡散防止層307a、307cは、隣接する第1、第2非磁性導電層306、308との相互拡散を防止する。このフリー磁性層307の磁化方向は、バイアス層332、332のバイアス磁界によって図示X1方向に揃えられている。これにより、フリー磁性層307の磁化方向と第1、第2固定磁性層305、309の磁化方向とが交叉する関係になる。

【0011】また、リード層334、334はCu、Cr等の導電材料からなり、積層体312に検出電流（センス電流）を付与するもので、積層体312の図示X1方向両側に位置してバイアス層332、332上に積層されている。

【0012】また、下地層303とバイアス層332、332との間に、WまたはCrからなるバイアス下地層331、331が積層され、バイアス層332、332とリード層334、334との間にはTaまたはCrからなる中間層333、333が積層されている。

【0013】このスピナルブ型薄膜磁気素子301では、リード層334、334から積層体312に検出電流（センス電流）が与えられ、磁気記録媒体からの洩れ磁界がY方向に与えられると、フリー磁性層307の磁化方向がX1方向からY方向へ向けて変化する。このフリー磁性層307の磁化方向の変動と、第1、第2固定

6

磁性層305、309の磁化方向との関係で電気抵抗値が変化し（これを磁気抵抗（MR）効果という）、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、磁気記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のスピナルブ型薄膜磁気素子301は、再生感度がトラック幅方向にそって一定ではなく、再生感度の高い領域と低い領域とが存在する。例えば、フリー磁性層307の図示X1方向両側の両端部は、バイアス層332、332に隣接するため、バイアス磁界が強く作用する。このため、フリー磁性層307の両端部ではこのバイアス磁界により磁化が固定され、磁気記録媒体からの漏れ磁界の変化に追従できなくなり、磁気抵抗効果が発現することなく再生感度が著しく低下する。一方、フリー磁性層307の中央部分は、バイアス層332、32から比較的離れているのでバイアス磁界が強く作用することなく、フリー磁性層の磁化方向は記録媒体からの漏れ磁界の変化に対して柔軟に追従でき、磁気抵抗効果が発現して再生感度が高くなる。

【0015】上記のように、再生感度が低下する領域を不感領域と称し、図11には符号Nでその領域を示している。また、再生感度が高い領域を感度領域と称し、図11には符号Sでその領域を示している。図11に示すように不感領域N、Nは、積層体312の下面の図示X1方向端部付近から、積層体312の上面の図示X1方向端部より中央側にまで存在し、感度領域Sは、不感領域N、Nに挟まれた領域となる。この感度領域Sの幅は、不感領域N、Nの幅によって相対的に決定され、通常は光学的トラック幅Twよりも若干狭くなる。

【0016】従って、従来のAbutted接合型HardBias方式のスピナルブ型薄膜磁気素子においては、設計上の光学的トラック幅よりも実効トラック幅（感度領域Sの幅）が狭くなり、磁気抵抗効果を発現し得る領域が減少して、再生感度が著しく低下してしまうという問題があった。また、不感領域N、Nの幅は変動が大きく、これにより感度領域Sの幅も変動してしまい、スピナルブ型薄膜磁気素子の実効トラック幅が確定しないという問題もあった。

【0017】実効的なトラック幅を正確に制御するには、フリー磁性層に反強磁性バイアス層を積層させてこれらの層同士の界面にて交換結合磁界を発現させ、この交換結合磁界によりフリー磁性層の磁化方向を揃えるいわゆるExchange Bias方式を採用することで解決できるように思われる。しかし、従来のデュアル型のスピナルブ型薄膜磁気素子では、フリー磁性層の上部に厚さ数十nmの反強磁性層が積層されているため、フリー磁性層上に反強磁性バイアス層を積層するにはこの反強磁性層を除去してフリー磁性層を露出させる必要がある。数十nmの反強磁性層を除去するためには、エッチング深

さの高精度な制御が必要であるが、その制御は極めて困難であるため、現状では、デュアル型のスピバルブ型薄膜磁気素子へのExchange Bias方式の採用は困難であった。

【0018】本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、トラック幅が狭くても再生感度が高いスピバルブ型薄膜磁気素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、第1反強磁性層、第1固定磁性層、第1非磁性導電層及びフリー磁性層が順次積層されるとともに、第2非磁性導電層、第2固定磁性層及び第2反強磁性層が前記フリー磁性層の一部上に順次積層されてなる積層突出部を具備する積層体と、前記積層突出部のトラック幅方向両側に位置して前記フリー磁性層上に積層され、交換結合バイアス磁界によりこのフリー磁性層の磁化方向を揃える一対の反強磁性バイアス層と、前記一対の反強磁性バイアス層上に積層されて前記積層体に検出電流を与える一対のリード層とからなり、前記第1、第2固定磁性層の磁化方向が、前記第1、第2反強磁性層との交換結合磁界によってそれぞれ固定されるとともに、前記フリー磁性層の磁化方向が前記反強磁性バイアス層により前記第1、第2固定磁性層の各磁化方向の交叉方向に揃えられていることを特徴とする。

【0020】上記の本発明に係るスピバルブ型薄膜磁気素子は、フリー磁性層の磁化方向を反強磁性バイアス層との交換結合磁界により揃えるいわゆるExchange Bias方式を、デュアル型のスピバルブ型薄膜磁気素子に採用したものであり、スピバルブ型薄膜磁気素子の実効トラック幅が、一対の反強磁性バイアス層の相互の間隔（光学的トラック幅）に一致するので、従来のAbutted接合型HardBias方式のように実効的なトラック幅が光学的トラック幅より狭くなることがなく、再生感度が低下することがない。また、スピバルブ型薄膜磁気素子の実効的なトラック幅を、反強磁性バイアス層同士の間隔により決めることができるので、スピバルブ型薄膜磁気素子の実効的なトラック幅を正確に制御することが可能になる。

【0021】また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、前記第2反強磁性層が、XMn合金またはPtX'Mn合金（ただしXはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかのいずれか1種の元素であり、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Krのなかのいずれか1種以上の元素である）のいずれかにより構成されるとともに、膜厚が12nm以下であることを特徴とする。

【0022】係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれ

ば、第2反強磁性層の膜厚を12nm以下としたので、デュアル型のスピバルブ型薄膜磁気素子にExchange Bias方式を容易に適用することができる。また、第2反強磁性層の膜厚を12nm以下としたので、スピバルブ型薄膜磁気素子全体の厚さを薄くすることができ、従来よりもギャップ幅を狭くすることが可能になる。更にまた、第2反強磁性層をXMn合金またはPtX'Mn合金で構成したので、その膜厚が12nm以下であっても第2固定磁性層の磁化方向を固定するための交換結合磁界が低下することがなく、第2固定磁性層の磁化方向を強固に固定することが可能になる。

【0023】また、前記第2反強磁性層の膜厚は、8nm以上12nm以下であることが好ましい。係るスピバルブ型薄膜磁気素子において、第2反強磁性層の厚さを8nm以上とすることにより、第2固定磁性層の磁化方向を固定する交換結合磁界を十分に大きくすることができ、第2固定磁性層の磁化方向を強固に固定することが可能になる。

【0024】更に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、前記第1、第2固定磁性層はそれぞれ、2以上の強磁性ピン層と、これらの強磁性ピン層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなり、隣接する各強磁性ピン層の磁化方向が相互に反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされてなることを特徴とする。

【0025】特に、前記第1、第2固定磁性層がそれぞれ、2つの強磁性ピン層と、これらの強磁性ピン層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなり、いずれか一方の強磁性ピン層の膜厚が他方の強磁性ピン層の膜厚より厚く形成され、各強磁性ピン層の磁化方向が反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされてなることが好ましい。

【0026】係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、第1、第2固定磁性層がいわゆる人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセティックフェリピン）を示す層であるので、第1、第2反強磁性層との交換結合磁界をより大きくして第1、第2固定磁性層の磁化方向を強固に固定し、これらの固定磁性層を安定させることが可能になる。

【0027】更にまた、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、第1固定磁性層を構成する強磁性ピン層のうち前記フリー磁性層の近くに位置する強磁性ピン層の磁化方向と、第2固定磁性層を構成する強磁性ピン層のうち前記フリー磁性層の近くに位置する強磁性ピン層の磁化方向とが同一とされていることを特徴とする。

【0028】係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、フリー磁性層の近くに位置する各強磁性ピン層の磁化方向が同一であるので、フリー磁性層と第1、第2固定磁性層との間でそれぞれ発現する磁気抵抗効果が打

10

20

30

40

50

ち消されることがなく、高い磁気抵抗変化率を示すことが可能になる。

【0029】また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、前記一対の反強磁性バイアス層は、前記フリー磁性層上に積層された強磁性層と、該強磁性層上に積層された第3反強磁性層により形成され、該第3反強磁性層が、XMn合金またはPtX'Mn合金（ただし、XはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかのいずれか1種の元素であり、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Krのなかのいずれか1種以上の元素である）のいずれかより構成されてなり、前記第3反強磁性層と前記強磁性層との間で発現した交換結合バイアス磁界によって、前記フリー磁性層の磁化方向が揃えられることを特徴とする。

【0030】係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、強磁性層に第3反強磁性層を連続して真空を破ることなく積層しているので、これらの層の界面が不純物により汚染されることがなく、また各層を構成する原子のミキシング等によって界面が乱れることがなく、強い交換結合バイアス磁界を発現させることができ、フリー磁性層の磁化方向を確実に揃えさせることが可能になる。

【0031】更に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、フリー磁性層の上面に凸部が設けられるとともに前記積層突出部が該凸部上に配置され、前記強磁性層が前記凸部のトラック幅方向両側に位置して前記フリー磁性層に接していることを特徴とする。

【0032】係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、フリー磁性層に設けられた凸部のトラック幅方向両側に強磁性層が配置されるので、強磁性層とフリー磁性層との間に第2非磁性導電層が残存することがなく、強磁性層からフリー磁性層に交換結合バイアス磁界を効率よく与えてフリー磁性層の磁化方向を確実に揃えることが可能になる。

【0033】そして、本発明の薄膜磁気ヘッドは、先のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子が磁気情報の読出素子として備えられてなることを特徴とする。また、本発明の浮上式磁気ヘッドは、スライダに、先に記載の薄膜磁気ヘッドが備えられてなることを特徴とする。

【0034】係る薄膜磁気ヘッドによれば、上記のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子を備えているので、再生感度が高く、トラック幅が狭幅であって磁気記録密度の高度化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを提供することが可能になる。また、係る浮上式磁気ヘッドによれば、上記の薄膜磁気ヘッドを備えているので、再生感度が高く、トラック幅が狭幅であって磁気記録密度の高度化に対応可能な浮上式磁気ヘッドを提供することが可

能になる。

【0035】次に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、基板上に、第1反強磁性層、第1固定磁性層、第1非磁性導電層、フリー磁性層、第2非磁性導電層、第2固定磁性層及び第2反強磁性層を順次積層して積層膜を形成する積層膜形成工程と、前記積層膜に接する当接面と該当接面を挟む両側面とを具備してなるとともに、前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に一対の切込部が設けられてなるリフトオフレジストを、前記積層膜上に形成するレジスト形成工程と、前記基板に対して角度 θ_1 の方向からエッチング粒子を前記積層膜に照射して、前記リフトオフレジストの切込部よりもトラック幅方向外側に位置する第2反強磁性層、第2固定磁性層及び第2非磁性導電層をエッチングし、残存した第2反強磁性層、第2固定磁性層及び第2非磁性導電層によりフリー磁性層上に積層突出部を形成しつつ、積層体を形成する積層体形成工程と、前記基板に対して角度 θ_2 （ただし $\theta_2 > \theta_1$ ）の方向からスパッタ粒子を堆積して、前記リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側に、一対の反強磁性バイアス層を形成するバイアス層形成工程と、前記基板に対して角度 θ_1 の方向から他のスパッタ粒子を堆積して、前記一対の反強磁性バイアス層上であって前記切込部よりトラック幅方向外側に、リード層を形成するリード層形成工程とからなることを特徴とする。

【0036】係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、角度 θ_2 （ただし $\theta_2 > \theta_1$ ）の方向からスパッタ粒子を堆積して反強磁性バイアス層を積層するので、反強磁性バイアス層の膜厚が積層突出部に接近するにつれて薄くなることがなく、反強磁性バイアス層の膜厚を一定にすることが可能になる。これにより、積層突出部に接近するにつれて交換結合バイアス磁界が低下することがなく、反強磁性バイアス層に対向する位置で常にフリー磁性層の磁化方向が強固に固定されるためこの位置で磁気抵抗効果が発現することがなく、実効トラック幅を反強磁性バイアス層の間隔に一致させることが可能になる。

【0037】特に前記積層膜形成工程において、前記第2反強磁性層をXMn合金またはPtX'Mn合金（ただし、XはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかのいずれか1種の元素であり、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Krのなかのいずれか1種以上の元素である）のいずれかより構成するとともに、膜厚を12nm以下とすることが好ましい。

【0038】係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、前記第2反強磁性層をXMn合金またはPtX'Mn合金で構成するので、その膜厚を12nm以下にしても交換結合バイアス磁界が低下することがなく、第2固定磁性層の磁化方向が強固に固定されたスピ

ンバルブ型薄膜磁気素子を得ることが可能になる。また、第2反強磁性層の膜厚を12nm以下に形成するので、積層体形成工程におけるエッチングの負担が軽減されてエッチングの精度が高くなり、第2反強磁性層、第2固定磁性層及び第2非磁性導電層を正確にエッチングしてフリー磁性層を露出させることができ、フリー磁性層上に反強磁性バイアス層を積層することが可能になる。

【0039】また、前記積層膜形成工程において、前記第2反強磁性層の膜厚を8nm以上12nm以下とすることがより好ましい。係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、第2反強磁性層の膜厚が8nm以上12nm以下であるので、交換結合バイアス磁界を十分に大きくすることができ、第2固定磁性層の磁化方向が強固に固定されたスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることが可能になる。

【0040】更に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法であって、前記バイアス層形成工程において、強磁性層と第3反強磁性層を順次積層して反強磁性バイアス層を形成することを特徴とする。

【0041】係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、積層体形成工程でのエッチングによって露出したフリー磁性層上に強磁性層を積層し、真空を破ることなく更に連続して第3反強磁性層を積層するので、強磁性層と第3反強磁性層の界面に不純物が介在することがなく、また第3反強磁性層が極めて平滑な強磁性層上に形成されることになり、第3反強磁性層と強磁性層との界面が、各層を構成する原子のミキシング等によって乱れることがなく、これらの層の間で強い交換結合バイアス磁界を発現させることが可能になる。

【0042】更にまた、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法であって、前記積層体形成工程において、第2反強磁性層、第2固定磁性層及び第2非磁性導電層に加えてフリー磁性層の一部をエッチングすることにより、前記フリー磁性層の上面に前記積層突出部に接する凸部を形成しつつ積層体を形成し、前記バイアス層形成工程において、前記凸部のトラック幅方向両側に前記強磁性層を積層することを特徴とする。

【0043】係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、積層体形成工程においてフリー磁性層の一部までエッチングするので、第2非磁性導電層が残存することがなく、フリー磁性層に強磁性層が必ず接合することになり、強磁性層からフリー磁性層に交換結合バイアス磁界を効率よく与えてフリー磁性層の磁化方向を確実に揃えさせることが可能になる。

【0044】そして、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法であって、前記積層体形成工程におい

て、エッチングの際に前記積層膜から叩き出されたスパッタ粒子種を2次イオン質量スペクトル分析法により分析してエッチングの終点を検出することを特徴とする。

【0045】係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、積層体を形成する際のエッチングの終点を、2次イオン質量スペクトル分析法によりスパッタ粒子種を分析することにより行うので、エッチングの精度が高くなってフリー磁性層を確実に露出させることができ、フリー磁性層に反強磁性バイアス層を直接に積層することが可能になる。

【0046】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。なお、図1～図8において、図示Z方向は磁気記録媒体の移動方向であり、図示Y方向は磁気記録媒体からの漏れ磁界の方向であり、図示X1方向はスピバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅方向である。

【0047】図1に、本発明の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子1を磁気記録媒体側からみた断面模式図を示し、図2には、スピバルブ型薄膜磁気素子1をトラック幅方向から見た断面模式図を示す。また、図3にこのスピバルブ型薄膜磁気素子1を具備してなる薄膜磁気ヘッド300を備えた浮上式磁気ヘッド350を示し、図4には薄膜磁気ヘッド300の要部の断面模式図を示す。

【0048】図3に示す本発明に係る浮上式磁気ヘッド350は、スライダ351と、スライダ351の端面351dに備えられた本発明に係る薄膜磁気ヘッド300を主体として構成されている。符号355はスライダ351の磁気記録媒体の移動方向の上流側であるリーディング側を示し、符号356はトレーリング側を示す。このスライダ351の媒体対向面352には、レール351a、351bが形成され、各レール同士間は、エアグループ351c、351dとされている。

【0049】また図4に示すように、本発明に係る薄膜磁気ヘッド300は、スライダ351の端面351d上に形成された絶縁層362に形成されており、絶縁層362上に積層された下部シールド層363と、下部シールド層363に積層された下部絶縁層364と、下部絶縁層364上に形成されて媒体対向面352上に露出する本発明に係るスピバルブ型薄膜磁気素子1と、スピバルブ型薄膜磁気素子1を覆う上部絶縁層366と、上部絶縁層366を覆う上部シールド層367とから構成されている。また上部シールド層367は、後述するインダクティブヘッドhの下部コア層と兼用とされている。

【0050】インダクティブヘッドhは、下部コア層（上部シールド層）367と、下部コア層367に積層されたギャップ層374と、コイル376と、コイル376を覆う上部絶縁層377と、ギャップ層374に接

10

20

30

40

50

合され、かつコイル 376 側にて下部コア層 367 に接合される上部コア層 378 とから構成されている。コイル 376 は、平面的に螺旋状となるようにパターン化されている。また、コイル 376 のほぼ中央部分にて上部コア層 378 の基端部 378b が下部コア層 367 に磁氣的に接続されている。また、上部コア層 378 には、アルミナなどからなるコア保護層 379 が積層されている。

【0051】図 1 及び図 2 に示すように、本発明のスピ
ンバルブ型薄膜磁気素子 1 は、フリー磁性層を中心として
その厚さ方向両側に非磁性導電層、固定磁性層及び反
強磁性層が 1 層ずつ積層された、いわゆるデュアルスピ
ンバルブ型薄膜磁気素子である。このデュアルスピ
ンバルブ型薄膜磁気素子は、フリー磁性層／非磁性導電層／
固定磁性層の 3 層の組合せが 2 組存在するために、フリ
ー磁性層／非磁性導電層／固定磁性層の 3 層の組合せが
1 組であるシングルスピバルブ型薄膜磁気素子と比較し
て、大きな抵抗変化率が期待でき、高密度記録に対応で
きるものとなっている。

【0052】図 1 及び図 2 に示すように、本発明のスピ
ンバルブ型薄膜磁気素子 1 は、下部絶縁層 364 (基
板) 上に、Ta などからなる下地層 3、第 1 反強磁性層
4、第 1 固定磁性層 5、Cu などからなる第 1 非磁性導
電層 6、フリー磁性層 7、Cu などからなる第 2 非磁性
導電層 8、第 2 固定磁性層 9、第 2 反強磁性層 10 及び
Ta などからなる保護層 11 が順次積層されて形成され
た積層体 12 と、フリー磁性層 7 の磁化を揃える一対の
反強磁性バイアス層 32、32 と、この反強磁性バイ
アス層 32、32 上に形成されて検出電流 (センス電流)
を積層体 12 に与える Cr、Ta、Au、Rh、W、Cu
等からなる一対のリード層 33、33 とを主体として
構成されている。

【0053】積層体 12 においては、下地層 3、第 1 反
強磁性層 4、第 1 固定磁性層 5、第 1 非磁性導電層 6 及
びフリー磁性層 7 が順次積層され、更にこのフリー磁性
層 7 の一部上に、第 2 非磁性導電層 8、第 2 固定磁性層
9 及び第 2 反強磁性層 10 が順次積層されて断面視略台
形状の積層突出部 12a が形成されている。そして積層
突出部 12a の図示 X1 方向両側には、一対の反強磁性
バイアス層 32、32 がフリー磁性層 7 に接して形成さ
れている。更に反強磁性バイアス層 32、32 上に一対
のリード層 33、33 が積層されている。

【0054】フリー磁性層 7 は、Co、CoFe 合金等
よりなる第 1 拡散防止層 7a と、NiFe 合金よりなる
強磁性自由層 7b と、Co、CoFe 合金等よりなる第
2 拡散防止層 7c とが積層されて構成されている。第
1、第 2 拡散防止層 7a、7c は、隣接する第 1、第 2
非磁性導電層 6、8 との相互拡散を防止する。第 1、第
2 拡散防止層 7a、7c の膜厚は 0.2~1nm の範囲
が好ましく、強磁性自由層 7b の膜厚は 1~3nm の範

囲が好ましい。また、フリー磁性層 7 は、CoFe 合
金、CoFeNi 合金合金等の単層構成としても良い。
そして、フリー磁性層 7 のほぼ中央には凸部 7d が形成
されている。積層突出部 12a はこの凸部 7d 上に配置
されている。そして、この凸部 7d の図示 X1 方向両側
には、反強磁性バイアス層 32、32 を構成する強磁性
層 32b、32b が配置されている。フリー磁性層 7 の
磁化方向は、反強磁性バイアス層 32、32 の交換結合
バイアス磁界によって図示 X1 方向に揃えられる。この
ようにフリー磁性層 7 が単磁区化されることにより、ス
ピンバルブ型薄膜磁気素子 1 のバルクハウゼンノイズを
低減できる。

【0055】反強磁性バイアス層 32、32 は、図 1 に
示すように、フリー磁性層 7 上に積層された強磁性層 3
2b、32b と、この強磁性層 32b、32b 上に積層
された第 3 反強磁性層 32a、32a とから形成されて
いる。強磁性層 32b、32b は、フリー磁性層 7 の凸
部 7d の図示 X1 方向両側に配置されてフリー磁性層 7
上に積層されている。また反強磁性バイアス層 32、3
2 は、図 1 に示すように、それぞれの上面 32c、32
c が間隔 Tw をあけて図示 X1 方向にそって離間してい
る。この Tw がスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の光学的
トラック幅となる。

【0056】第 3 反強磁性層 32a、32a は、PtMn
合金で形成されていることが好ましい。PtMn 合金
は、従来から反強磁性層として使用されている NiMn
合金や FeMn 合金などに比べて耐食性に優れ、しかも
ブロッキング温度が高く、交換結合バイアス磁界も大き
い。また、第 3 反強磁性層 32a、32a は、XMn 合
金または PtX'Mn 合金 (ただし、X は Pt、Pd、
Ir、Rh、Ru、Os のなかのいずれか 1 種の元素で
あり、X' は Pd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、O
s、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Kr のなかのい
ずれか 1 種以上の元素である) のいずれかより構成されて
なるものであってもよい。

【0057】前記 PtMn 合金および前記 XMn の式で
示される合金において、Pt あるいは X が 37~63 原
子% の範囲であることが望ましい。より好ましくは、4
4~57 原子% の範囲である。さらにまた、PtX'M
n の式で示される合金において、X' + Pt が 37~6
3 原子% の範囲であることが望ましい。より好ましく
は、44~57 原子% の範囲である。第 3 反強磁性層 3
2a、32a の膜厚は、8~30nm の範囲とすること
が好ましい。

【0058】第 3 反強磁性層 32a、32a として上記
した適正な組成範囲の合金を使用し、これを磁場で熱処
理することで、強磁性層 32b、32b との界面にて大
きな交換結合バイアス磁界を発生する第 3 反強磁性層 3
2a、32a を得ることができる。特に PtMn 合金で
あれば、 $6.4 \times 10^4 \text{ A/m}$ を越える交換結合バイ

ス磁界を有し、交換結合バイアス磁界を失うブロッキング温度が653K(380℃)と極めて高い第3反強磁性層32a、32aを得ることができる。

【0059】強磁性層32b、32bは、例えばNiFe合金NiFeX合金(X=Nb、Ta、Cr、Rh等)、Co、CoFe合金等からなるものであって、膜厚が1~5nmの範囲のものであり、第3反強磁性層32a、32aとの間で交換結合バイアス磁界を発現させる。そして、この強磁性層32b、32bがフリー磁性層7に接しているため、交換結合バイアス磁界がフリー磁性層7に作用し、フリー磁性層7の磁化方向が図示X1方向に揃えられる。

【0060】また、凸部7dの図示X1方向両側に強磁性層32b、32bが配置されるので、強磁性層32b、32bとフリー磁性層7との間に第2非磁性導電層8が残存することがなく、強磁性層32b、32bからフリー磁性層7に交換結合バイアス磁界が効率よく与えられ、フリー磁性層7の磁化方向を確実に揃えることができる。また、強磁性層32b、32bに第3反強磁性層32a、32aが真空を破ることなく連続して積層されているので、これらの層の界面が不純物により汚染されることがなく、またこれらの層を構成する原子のミキシング等によって界面が乱れることがなく、強い交換結合バイアス磁界を発現させることができ、フリー磁性層7の磁化方向を確実に揃えることができる。

【0061】また、フリー磁性層7のうち、反強磁性バイアス層32、32が積層されている領域においては、フリー磁性層7の磁化が強固に固定された状態であり、この領域の磁化方向は、記録媒体からの漏れ磁界の変動によって変動することはない。一方、フリー磁性層7のほぼ中央であって、反強磁性バイアス層32、32が接していない領域では、フリー磁性層7の磁化が図示X1方向に揃えられた状態であり、磁化が完全には固定されていない。従ってフリー磁性層7のほぼ中央の領域の磁化方向は、記録媒体からの漏れ磁界の変動によって容易に変動し、この磁化方向の変動と後述する第1、第2固定磁性層5、9の磁化方向との関係で磁気抵抗効果が発現し、磁気記録媒体の再生感度が高くなる。よって、この反強磁性バイアス層32、32が積層されていない領域が、実効的に再生感度を有する領域となり、この領域の図示X1方向の幅が実効トラック幅となる。

【0062】従って本発明のスピナル型薄膜磁気素子1では、実効トラック幅と、光学的なトラック幅Twとが一致するので、反強磁性バイアス層32、32の間隔を調整することにより、実効トラック幅を正確に決めることができる。

【0063】次に、第1、第2反強磁性層4、10は、第1、第2固定磁性層5、9の磁化方向を固定するものであり、PtMn合金で形成されていることが好ましい。PtMn合金は、従来から反強磁性層として使用さ

れているNiMn合金やFeMn合金などに比べて耐食性に優れ、しかもブロッキング温度が高く、交換結合磁界も大きい。また、第1、第2反強磁性層4、10は、XMn合金、PtX'Mn合金(ただし前記組成式において、XはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかから選択される1種を示し、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Krのなかから選択される1種または2種以上を示す)のいずれかより形成されていても良い。

10 【0064】前記PtMn合金および前記XMnの式で示される合金において、PtあるいはXが37~63原子%の範囲であることが望ましい。より好ましくは、44~57原子%の範囲である。さらにまた、PtX'Mnの式で示される合金において、X'+Ptが37~63原子%の範囲であることが望ましい。より好ましくは、44~57原子%の範囲である。第1反強磁性層4の膜厚は、8~20nmの範囲とすることが好ましい。

20 【0065】また、第2反強磁性層10の膜厚は12nm以下であることが好ましく、8nm以上12nm以下であることがより好ましい。第2反強磁性層10の膜厚を12nm以下と比較的薄くすることにより、第2反強磁性層10をエッチングすることによって積層突出部12aの形成を容易に行うことができ、このためフリー磁性層7を露出させて反強磁性バイアス層32、32をフリー磁性層7に接合させることが容易にできるので、本発明のデュアル型のスピナル型薄膜磁気素子1にExchange Bias方式を適用することができる。また、第2反強磁性層の膜厚を12nm以下としたので、スピナル型薄膜磁気素子1全体の厚さを薄くすることができ、従来よりもギャップ幅を狭くすることができる。また、第2反強磁性層10を8nm以上とすることにより、第2固定磁性層9の磁化方向を固定するための交換結合磁界を十分に大きくすることができ、第2固定磁性層9の磁化方向を強固に固定することができる。

30 【0066】第1、第2反強磁性層4、10として上記した適正な組成範囲の合金を使用し、これを磁場で熱処理することで、大きな交換結合磁界を発生する第1、第2反強磁性層4、10を得ることができ、この交換結合磁界によって第1、第2固定磁性層5、9の磁化方向を強固に固定できる。とくに、PtMn合金であれば、 $6.4 \times 10^4 \text{ A/m}$ を越える交換結合磁界を有し、交換結合磁界を失うブロッキング温度が653K(380℃)と極めて高い第1、第2反強磁性層4、10を得ることができる。更に、第2反強磁性層10をXMn合金またはPtX'Mn合金で構成したので、その膜厚が12nm以下であっても第2固定磁性層9の磁化方向を固定するための交換結合磁界が低下することがなく、第2固定磁性層9の磁化方向を強固に固定することができる。

50 【0067】次に、第1固定磁性層5は、第1強磁性ピ

ンド層 5a と第 1 非磁性中間層 5b と第 2 強磁性ピンド層 5c とが積層されて構成されている。第 1 強磁性ピンド層 5a の膜厚は、第 2 強磁性ピンド層 5c の膜厚より大とされている。第 1 強磁性ピンド層 5a の磁化方向は、第 1 反強磁性層 4 との交換結合磁界によって図示 Y 方向に固定され、また第 2 強磁性ピンド層 5c は、第 1 強磁性ピンド層 5a と反強磁性的に結合してその磁化方向が図示 Y 方向の反対方向に固定されている。

【0068】このように、第 1、第 2 強磁性ピンド層 5a、5c の磁化方向が互いに反平行とされているため、それぞれの層の磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第 1 強磁性ピンド層 5a が第 2 強磁性ピンド層 5c よりも厚く形成されているので、第 1 強磁性ピンド層 5a の磁化（磁気モーメント）が僅かに残存し、これにより第 1 固定磁性層 5 全体の磁化方向が図示 Y 方向に固定される。

【0069】第 2 固定磁性層 9 は、第 3 強磁性ピンド層 9a と第 2 非磁性中間層 9b と第 4 強磁性ピンド層 9c とが積層されて構成されている。第 4 強磁性ピンド層 9c の膜厚は、第 3 強磁性ピンド層 9a の膜厚より大とされている。第 4 強磁性ピンド層 9c の磁化方向は、第 2 反強磁性層 10 との交換結合磁界によって図示 Y 方向に固定され、また第 3 強磁性ピンド層 9a は、第 4 強磁性ピンド層 9c と反強磁性的に結合してその磁化方向が図示 Y 方向の反対方向に固定されている。

【0070】このように第 1 固定磁性層 5 の場合と同様に、第 3、第 4 強磁性ピンド層 9a、9c のそれぞれの磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第 4 強磁性ピンド層 9c が第 3 強磁性ピンド層 9a より厚く形成されているので、第 4 強磁性ピンド層 9c の磁化（磁気モーメント）が僅かに残存し、第 2 固定磁性層 9 全体の磁化方向が図示 Y 方向に固定される。

【0071】従って第 1、第 2 固定磁性層 5、9 は、第 1～第 4 強磁性ピンド層 5a、5c、9a、9c がそれぞれ反強磁性的に結合し、かつ第 1、第 4 強磁性ピンド層 5a、9c の磁化がそれぞれ残存しており、人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセティックフェリピンド）を示す層となる。また、フリー磁性層 7 の磁化方向と第 1、第 2 固定磁性層 5、9 の磁化方向とが交叉する関係になる。

【0072】また、図 1 及び図 2 に示すように、第 1 固定磁性層 5 を構成する強磁性ピンド層のうちフリー磁性層 7 の近くに位置する第 2 強磁性ピンド層 5c の磁化方向と、第 2 固定磁性層 9 を構成する強磁性ピンド層のうちフリー磁性層 7 の近くに位置する第 3 強磁性ピンド層 9a の磁化方向とが同一であるので、フリー磁性層 7 と第 1、第 2 固定磁性層 5、9 との間でそれぞれ発現する磁気抵抗効果が相互に打ち消し合うことがなく、高い磁気抵抗変化率を示すことができる。

【0073】尚、第 1～第 4 強磁性ピンド層 5a、5

c、9a、9c は、NiFe 合金、Co、CoNiFe 合金、CoFe 合金、CoNi 合金等により形成されるものであり、特に Co より形成されることが好ましい。更に第 1～第 4 強磁性ピンド層 5a、5c、9a、9c は、同一の材料で形成されることが好ましい。また、第 1、第 2 非磁性中間層 5b、9b は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cu のうちの 1 種またはこれらの合金からなることが好ましく、特に Ru より形成されることが好ましい。第 1、第 4 強磁性ピンド層 5a、9c の膜厚は 1～3 nm の範囲が好ましく、第 2、第 3 強磁性ピンド層 5c、9a の膜厚は 1.5～3 nm の範囲が好ましい。また、第 1、第 2 非磁性中間層 5b、9b の膜厚は 0.6～0.9 nm の範囲が好ましい。

【0074】なお、第 1、第 2 固定磁性層 5、9 はそれぞれ 2 つの強磁性ピンド層（第 1～第 4 強磁性ピンド層 5a、5c、9a、9c）により構成されているが、これに限られず、2 以上の強磁性ピンド層により構成されていても良い。この場合には、これらの強磁性ピンド層の間に非磁性中間層がそれぞれ挿入されるとともに、隣接する強磁性ピンド層同士のそれぞれの磁化方向が反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされていることが好ましい。

【0075】このように、第 1、第 2 固定磁性層 5、9 がいわゆる人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセティックフェリピンド）を示す層であるので、第 1、第 2 固定磁性層 5、9 の磁化方向を強固に固定して第 1、第 2 固定磁性層 5、9 を安定させることができる。

【0076】次に、第 1、第 2 非磁性導電層 6、8 は、フリー磁性層 7 と第 1、第 2 固定磁性層 5、9 との磁気的な結合を小さくさせるとともにセンス電流が主に流れる層であり、Cu、Cr、Au、Ag などに代表される導電性を有する非磁性材料より形成されることが好ましく、特に Cu より形成されることが好ましい。第 1、第 2 非磁性導電層 6、8 の膜厚は、それぞれ 1.8～3 nm の範囲とすることが好ましい。

【0077】また、リード層 33、33 は、Ta、W、Au、Rh、Cu、Cr 等の導電材料からなり、積層突出部 12a の図示 X1 方向両側に位置して反強磁性バイアス層 32、32 上に積層されている。このリード層 33、33 は、積層体 12 に検出電流（センス電流）を付与する。

【0078】次に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を、図面を参照して説明する。この製造方法は、積層膜を形成する積層膜形成工程と、リフトオフレジストを形成するレジスト形成工程と、積層膜をエッチングして積層体を形成する積層体形成工程と、バイアス層形成工程と、リード層形成工程とからなる。

【0079】まず、積層膜形成工程では、図 5 に示すように、下部絶縁層 364（基板）上に下地層 3、第 1 反

10

20

30

40

50

強磁性層 4、第 1 強磁性ピンド層 5 a、第 1 非磁性中間層 5 b、第 2 強磁性ピンド層 5 c、第 1 非磁性導電層 6、第 1 拡散防止層 7 a、強磁性自由層 7 b、第 2 拡散防止層 7 c、第 2 非磁性導電層 8、第 3 強磁性ピンド層 9 a、第 2 非磁性中間層 9 b、第 4 強磁性ピンド層 9 c、第 2 反強磁性層 10 及び保護層 11 を順次積層して積層膜 12 b を形成する。

【0080】なお、第 2 反強磁性層 10 は膜厚を 12 nm 以下とすることが好ましい。第 2 反強磁性層の膜厚を 12 nm 以下とすることにより、後述する積層体形成工程において積層膜 12 b をエッチングする際に第 2 反強磁性層 10 のエッチング量が少なく済み、エッチングの負担が軽減されてエッチングの精度を高めることができる。

【0081】また、第 2 反強磁性層 10 を XMn 合金または PtX' Mn 合金（ただし、X は Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のなかのいずれか 1 種の元素であり、X' は Pd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Kr のなかのいずれか 1 種以上の元素である）のいずれかより構成することが好ましい。第 2 反強磁性層 10 を XMn 合金または PtX' Mn 合金で構成すると、その膜厚を 12 nm 以下にしても交換結合バイアス磁界が低下することがない。

【0082】また、第 2 反強磁性層 10 の膜厚を、8 nm 以上 12 nm 以下とすることがより好ましい。第 2 反強磁性層 10 の膜厚が 8 nm 以上であると、交換結合バイアス磁界を十分に大きくすることができ、第 2 固定磁性層 9 の磁化方向を強固に固定できる。次に、磁場アニール処理を行って、第 1、第 2 反強磁性層 4、10 に交換結合磁界を発現させて第 1、第 2 固定磁性層 5、9 の磁化方向を固定する。

【0083】次にレジスト形成工程では、図 5 に示すように、積層膜 12 b 上にリフトオフレジスト L を形成する。リフトオフレジスト L は、積層膜 12 b に接する当接面 51 とこの当接面 51 を挟む両側面 52、52 とを具備してなり、更に当接面 51 と両側面 52、52 の間であって当接面 51 の図示 X1 方向両側には、一对の切込部 53、53 が設けられてなるものである。

【0084】次に積層体形成工程では、図 6 に示すように、下部絶縁層 364（基板）に対して角度 θ_1 の方向からイオンビームなどのエッチング粒子を積層膜 12 b に照射することにより、リフトオフレジスト L の切込部 53、53 より図示 X1 方向外側に位置する積層膜 12 b をエッチングする。エッチングによって、切込部 53、53 より図示 X1 方向外側に位置する第 2 反強磁性層 10、第 2 固定磁性層 9、第 2 非磁性導電層 8 及びフリー磁性層 7 の一部が除去され、断面視略台形状の積層突出部 12 a をフリー磁性層 7 上に形成して積層体 12 を形成する。また、フリー磁性層 7 の一部をエッチング

することにより、積層突出部 12 a を形成しつつ、フリー磁性層 7 のほぼ中央に積層突出部 12 a に接する凸部 7 a を形成する。フリー磁性層 7 の一部までエッチングすることで、積層突出部 12 a の図示 X1 方向両側にある第 2 非磁性導電層 8 を完全に除去することができる。

【0085】尚、エッチングの際に積層膜 12 b から叩き出されたスパッタ粒子種を 2 次イオン質量スペクトル分析法により分析してエッチングの終点を検出することが好ましい。例えば第 2 非磁性導電層 8 を Cu、第 2 拡散防止層 7 c を Co、強磁性自由層 7 b を NiFe 合金でそれぞれ構成した場合は、エッチングを行うことにより、第 2 非磁性導電層 8 を構成する Cu のスパッタ粒子が叩き出された後に、第 2 拡散防止層 7 c を構成する Co のスパッタ粒子が叩き出され、更に続いて強磁性自由層 7 b を構成する Ni 及び Fe のスパッタ粒子が叩き出されるので、2 次イオン質量スペクトル分析法によって Cu の次に Ni 及び Fe が検出されてから所定の時間経過後にエッチングを停止すれば、フリー磁性層 7 の一部までエッチングした時点でエッチングを止めることができる。これにより、エッチングの深さを正確に制御してエッチングの精度を高めることができ、フリー磁性層 7 を確実に露出させ、次のバイアス層形成工程にて露出したフリー磁性層 7 に反強磁性バイアス層 32、32 を直接に積層することができる。

【0086】また、エッチング粒子の照射は、Ar によるイオンミリングや、逆スパッタ等により行うことが好ましい。これらの方法は、エッチング粒子の直進性に優れており、エッチング粒子を特定の方向から照射できる。また、エッチング粒子の照射方向を決める角度 θ_1 は 50°～80° の範囲であることが好ましい。角度 θ_1 は、例えばイオンガンのグリッドの表面と、下部絶縁層 364 とのなす角度を調整することにより規定することができる。

【0087】このように、角度 θ_1 からエッチング粒子を照射することにより、積層膜 12 b に対して異方性エッチングを行うことができ、リフトオフレジスト L の両側面 52、52 より外側にある積層膜 12 b をエッチングして積層突出部 12 a を具備する積層体 12 を形成することができる。

【0088】次にバイアス層形成工程においては、図 7 に示すように、下部絶縁層 364（基板）に対して角度 θ_2 （ただし $\theta_2 > \theta_1$ ）の方向からスパッタ粒子を積層突出部 12 a の図示 X1 方向両側に堆積することにより、強磁性層 32 b と第 3 反強磁性層 32 a を積層して反強磁性バイアス層 32、32 を形成する。反強磁性バイアス層 32、32 は、リフトオフレジスト L の両側面 52、52 よりも図示 X1 方向外側に形成される。また、スパッタ粒子の堆積の際には、リフトオフレジスト L に対してもスパッタ粒子の堆積が起き、リフトオフレジスト L 上に、強磁性層 32 b 及び第 3 反強磁性層 32

aと同じ組成の層32b'、32a'が形成する。

【0089】反強磁性バイアス層32、32は、リフトオフレジストLの両側面52、52よりも図示X1方向外側に形成される。即ち $\theta_2 = 90^\circ$ の場合は、反強磁性バイアス層の上面32c、32cは、リフトオフレジストLの両側面52、52の延長線52a、52a（図中1点鎖線）より図示X1方向外側に位置することになる。従って、リフトオフレジストLの両側面52、52の間隔を狭めると、反強磁性バイアス層32、32の位置が積層突出部12aの中央にシフトする。このように、リフトオフレジストLの両側面52、52の間隔を調整することにより、反強磁性バイアス層32、32の図示X1方向の間隔を調整することができる。反強磁性バイアス層32、32の図示X1方向の間隔は、スピ

バルブ型薄膜磁気素子1の実効トラック幅にほぼ近くなるので、リフトオフレジストLの両側面52、52の間隔によって実効トラック幅を決めることができる。

【0090】また、積層体形成工程のエッチングによって露出したフリー磁性層7上に強磁性層32bを積層し、真空を破ることなく連続して更に第3反強磁性層32aを積層するので、強磁性層32bと第3反強磁性層32aの界面が不純物で汚染されることがなく、また第3反強磁性層32aが極めて平滑な強磁性層32b上に形成されることになり、第3反強磁性層32aと強磁性層32bとの界面が、各層を構成する原子のミキシング等によって乱れることがなく、これらの層の間で強い交換結合バイアス磁界を発現させることができる。

【0091】スパッタ粒子の堆積は、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスパッタ法により行うことが好ましい。これらの方法は、スパッタ粒子の直進性に優れており、スパッタ粒子を特定の方向から照射できる。また、角度 θ_2 は $60 \sim 90^\circ$ の範囲であることが好ましい。角度 θ_2 は角度 θ_1 より大きくすること、即ち下部絶縁層364表面に対して角度 θ_2 を角度 θ_1 より鈍角にすることが好ましい。角度 θ_1 及び角度 θ_2 は、例えばスパッタ用ターゲットの表面と、下部絶縁層364とのなす角度を調整することにより規定することができる。

【0092】このようにスパッタ粒子を角度 θ_2 の方向から堆積することにより、強磁性層32b及び第3反強磁性層32aを、両側面52、52より図示X1方向外側において一定の膜厚をもって形成することができ、強磁性層32b及び第3反強磁性層32aの各膜厚が積層突出部12aに接近するにつれて薄くなること

ができる。イアス層32、32の間隔に概略一致させることができる。

【0093】次に、リード層形成工程では、図8に示すように、下部絶縁層364（基板）に対して角度 θ_1 の方向から更に他のスパッタ粒子を堆積することにより、リード層33、33を積層する。リード層33、33は、リフトオフレジストLの切込部53、53よりも図示X1方向外側であって反強磁性バイアス層32、32上に積層される。また、スパッタ粒子の堆積の際には、リフトオフレジストLに対してもスパッタ粒子の堆積が起き、リフトオフレジストL上に、リード層33と同じ組成の層33'が形成する。

【0094】スパッタ粒子の堆積は、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスパッタ法により行うことが好ましい。これらの方法は、スパッタ粒子の直進性に優れており、スパッタ粒子を特定の方向から照射できる。また、スパッタ粒子の照射方向を決める角度 θ_1 は積層体形成工程におけるエッチング粒子の照射角度とほぼ同じにすることが好ましい。角度 θ_1 は、例えばスパッタ用ターゲットの表面と、下部絶縁層364とのなす角度を調整することにより規定することができる。

【0095】このように、角度 θ_1 からスパッタ粒子を堆積することにより、リフトオフレジストLの切込部53、53までリード層33、33を積層することができ、リード層33、33と積層突出部12aとの接触面積を大きくすることができ、センス電流を積層体12に効率よく与えることができる。

【0096】最後に、リフトオフレジストLを除去し、積層膜形成工程とは別のアニール条件で磁場中アニール処理等を行って反強磁性バイアス層32、32に交換結合バイアス磁界を発現させ、フリー磁性層7の磁化方向を図示X1方向に揃えることにより、図1に示すようなスピ

バルブ型薄膜磁気素子1が得られる。

【0097】

【実施例】（実験例1）上面にアルミナよりなる下部絶縁層が設けられたSiよりなる基板上に、スパッタ装置を用いて、厚さ3nmのTaからなる下地層を形成し、その上に厚さ10nmのPtMnからなる第1反強磁性層を形成し、さらに厚さ1.5nmのCoFe合金からなる第1強磁性ピンド層を形成し、その上に厚さ0.8nmのRuからなる第1非磁性中間層を形成し、その上に厚さ2.5nmのCoFe合金からなる第2強磁性ピンド層を形成し、更にその上に厚さ2.2nmのCuからなる第1非磁性導電層を形成し、その上に厚さ2.5nmのCoFe合金からなるフリー磁性層を形成し、更にその上に厚さ2.2nmのCuからなる第2非磁性導電層を形成し、その上に厚さ2.5nmの第3強磁性ピンド層を形成し、更にその上に厚さ0.8nmのRuか

らなる第2非磁性中間層を形成し、その上に厚さ1.5 nmのCoFe合金からなる第4強磁性ピンド層を形成し、さらにその上に、厚さ5~28 nmのPtMn合金からなる第2反強磁性層を形成し、その上にTaからなる保護層を形成して種々の積層体Aを作製した。なお、一対の強磁性ピンド層及び非磁性中間層によって、積層構造の固定磁性層が構成される。この固定磁性層はいわゆるシンセティックフェリピンド層と呼ばれる。次に、得られた積層体1に対して磁場中アニール処理を行い、反強磁性層とこの反強磁性層に接する強磁性ピンド層との間で交換結合磁界を発現させることにより、固定磁性層の磁化方向を一方向に固定した。

【0098】このように形成された積層体Aの構造を略記すると、(Si基板/Al₂O₃層/下地層(Ta)3 nm/第1反強磁性層(PtMn)10 nm/第1強磁性ピンド層(CoFe)1.5 nm/第1非磁性中間層(Ru)0.8 nm/第2強磁性ピンド層(CoFe)2.5 nm/第1非磁性導電層(Cu)2.2 nm/フリー磁性層(CoFe)2.5 nm/第2非磁性導電層(Cu)2.2 nm/第3強磁性ピンド層(CoFe)2.5 nm/第2非磁性中間層(Ru)0.8 nm/第4強磁性ピンド層(CoFe)1.5 nm/第2反強磁性層(PtMn)5~28 nm/保護層(Ta))となる。

【0099】次に、上面にアルミナよりなる下部絶縁層が設けられたSiよりなる基板上に、厚さ3 nmのTaからなる下地層を形成し、さらにその上に厚さ4 nmのNiFe合金からなるフリー磁性層を形成し、さらに厚さ1 nmのCoFe合金からなる拡散防止層を形成し、更にその上に厚さ2.5 nmのCuからなる非磁性導電層を形成し、厚さ2 nmのCoFe合金からなる固定磁性層を形成し、さらにその上に、厚さ9~28 nmのPtMn合金からなる反強磁性層を形成し、その上にTaからなる保護層を形成して種々の積層体Bを作製した。この積層体Bは、固定磁性層がCoFe層の単層からなるものである。次に、得られた積層体Bに対して磁場中アニール処理を行い、反強磁性層と固定磁性層との間で交換結合磁界を発現させることにより、固定磁性層の磁化方向を一方向に固定した。

【0100】このように形成された積層体Bの構造を略記すると、(Si基板/Al₂O₃層/下地層(Ta)3 nm/フリー磁性層(NiFe)4 nm/拡散防止層(CoFe)1 nm/非磁性導電層(Cu)2.5 nm/固定磁性層(CoFe)2.5 nm/反強磁性層(PtMn)9~28 nm/保護層(Ta))となる。

【0101】上記の積層体A及びBについて、それぞれの固定磁性層(CoFe/Ru/CoFe積層構造またはCoFe単層構造)に印加される交換結合磁界(H_{ex})を、4端子法による磁気抵抗変化曲線により測定した。結果を図9に示す。図9には、交換結合バイアス磁界(H_{ex})と反強磁性層の膜厚との関係を示している。

【0102】図9に示すように、積層体Aの場合は、反

強磁性層の膜厚が8.0 nm以上になると、交換結合磁界(H_{ex})が80 kA/m以上となり、更に膜厚が12 nm程度になると、交換結合磁界(H_{ex})が120 kA/m程度に達することがわかる。従って、反強磁性層の膜厚を8 nm以上12 nm以下の範囲にすることによって、十分な大きさの交換結合磁界(H_{ex})が得られることが判明した。

【0103】一方、積層体Bの場合は、反強磁性層の膜厚が28 nmの場合でも60 kA/m程度の交換結合磁界(H_{ex})しか得られず、固定磁性層の磁化を固定するのに十分な交換結合磁界(H_{ex})が得られていないことがわかる。

【0104】積層体A及びBの場合について、上記のような顕著な差がみられたのは、固定磁性層の構造がシンセティックフェリピンドを示す層であるか、あるいは単層構造であるかが影響していると思われる。従って、固定磁性層としてシンセティックフェリピンドを示す層を採用し、更に反強磁性層の膜厚を8 nm以上12 nm以下とすることにより、十分な大きさの交換結合磁界(H_{ex})が得られることがわかる。

【0105】(実験例2) 実験例1で用いた積層体Aのうち、反強磁性層の膜厚が7.5~19 nmのものについて、温度を273 K~573 Kの範囲にしたときの交換結合バイアス磁界(H_{ex})を測定した。結果を図10に示す。図10には、交換結合バイアス磁界(H_{ex})と温度との間系を示している。

【0106】図10から明らかなように、反強磁性層(PtMn)の膜厚が8.4~19 nmのものは、温度の上昇とともに交換結合バイアス磁界(H_{ex})が徐々に低下しているが、それでも、573 Kにおいて36 k~48 kA/m程度の比較的高い交換結合バイアス磁界(H_{ex})を示している。一方、反強磁性層(PtMn)の膜厚が7.5 nmのものは、交換結合バイアス磁界(H_{ex})が493 Kにおいて30 kA/m程度となり、膜厚が8.4 nm以上のものに比べて交換結合磁界(H_{ex})が低く、耐熱性に劣ることがわかる。

【0107】以上のことから、PtMn合金からなる反強磁性層の膜厚を、8~12 nmの範囲とすることにより、十分な交換結合バイアス磁界を発現させることができるとともに、耐熱性をも向上させることができることが判明した。

【0108】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明のスピナルブ型薄膜磁気素子は、積層体の積層突出部のトラック幅方向両側に、前記フリー磁性層上に積層されて交換結合バイアス磁界によりこのフリー磁性層の磁化方向を揃える一対の反強磁性バイアス層が備えられ、フリー磁性層の磁化方向を反強磁性バイアス層との交換結合磁界により揃えるいわゆるExchange Bias方式を採用したものである。素子の実効トラック幅が、一対の

反強磁性バイアス層の相互の間隔（光学的トラック幅）に概略一致するので、従来のAbutted接合型HardBias方式のように実効トラック幅が光学的トラック幅より狭くなることなく、再生感度が低下することがない。また実効トラック幅を、反強磁性バイアス層同士の間隔により決めることができるので、スピバルブ型薄膜磁気素子の実効トラック幅を正確に制御することができる。

【0109】また本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、第2反強磁性層がX Mn合金またはPt X' Mn合金のいずれかにより構成されてその膜厚が12 nm以下であるので、デュアル型のスピバルブ型薄膜磁気素子にExchange Bias方式を容易に適用することができる。

また、第2反強磁性層の膜厚を12 nm以下としたので、スピバルブ型薄膜磁気素子全体の厚さを薄くすることができ、従来よりもギャップ幅を狭くすることができる。更にまた、第2反強磁性層をX Mn合金またはPt X' Mn合金で構成したので、その膜厚が12 nm以下であっても第2固定磁性層の磁化方向を固定するための交換結合磁界が低下することがなく、第2固定磁性層の磁化方向を強固に固定することができる。

【0110】更に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、第1、第2固定磁性層がそれぞれ、2以上の強磁性ピンド層と、これらの強磁性ピンド層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなるとともに、隣接する各強磁性ピンド層の磁化方向が相互に反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされてなり、第1、第2固定磁性層がいわゆる人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセティックフェリピンド）を示す層であるので、第1、第2反強磁性層との交換結合磁界をより大きくして第1、第2固定磁性層の磁化方向を強固に固定し、これらの固定磁性層を安定させることができる。

【0111】また本発明の薄膜磁気ヘッドによれば、上記のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子を備えているので、再生感度が高く、トラック幅が狭幅であって磁気記録密度の高度化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを提供することができる。また、本発明の浮上式磁気ヘッドによれば、上記の薄膜磁気ヘッドを備えているので、再生感度が高く、トラック幅が狭幅であって磁気記録密度の高度化に対応可能な浮上式磁気ヘッドを提供することができる。

【0112】次に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、基板に対して角度 θ_1 の方向からエッチング粒子を前記積層膜に照射して、リフトオフレジストの切込部よりもトラック幅方向外側の積層膜をエッチングすることにより、積層突出部を形成しつつ積層体を形成し、更に基板に対して角度 θ_2 （ただし $\theta_2 > \theta_1$ ）の方向からスパッタ粒子を堆積して、反強磁性バイアス層を形成するので、反強磁性バイアス層の膜厚が積層突出部に接近するにつれて薄くなることなく、反

強磁性バイアス層の膜厚を一定にすることができる。これにより、積層突出部に接近するにつれて交換結合バイアス磁界が低下することがなく、反強磁性バイアス層に対向する位置で常にフリー磁性層の磁化方向が強固に固定されるためこの位置で磁気抵抗効果が発現することがなく、実効トラック幅を反強磁性バイアス層の間隔に概略一致させることができる。

【0113】特に、前記第2反強磁性層を12 nm以下の膜厚に形成することにより、積層体形成工程におけるエッチングの負担が軽減されてエッチングの精度が高くなり、第2反強磁性層と第2固定磁性層と第2非磁性導電層を正確にエッチングし、フリー磁性層上に反強磁性バイアス層を積層することができる。

【0114】そして、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、積層体を形成する際のエッチングの終点を、2次イオン質量スペクトル分析法によりスパッタ粒子種を分析することにより行うので、エッチングの精度が高くなってフリー磁性層を確実に露出させることができ、フリー磁性層に反強磁性バイアス層を直接に積層することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を磁気記録媒体側から見た断面模式図である。

【図2】 本発明の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子をトラック幅方向から見た断面模式図である。

【図3】 本発明の実施形態である浮上式磁気ヘッドを示す斜視図である。

【図4】 本発明の実施形態である薄膜磁気ヘッドの断面模式図である。

【図5】 本発明の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を示す図であって、積層膜形成工程及びレジスト形成工程を説明するための工程図である。

【図6】 本発明の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を示す図であって、積層体形成工程を説明するための工程図である。

【図7】 本発明の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を示す図であって、バイアス層形成工程を説明するための工程図である。

【図8】 本発明の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を示す図であって、リード層形成工程を説明するための工程図である。

【図9】 反強磁性層の膜厚と交換結合磁界との関係を示すグラフである。

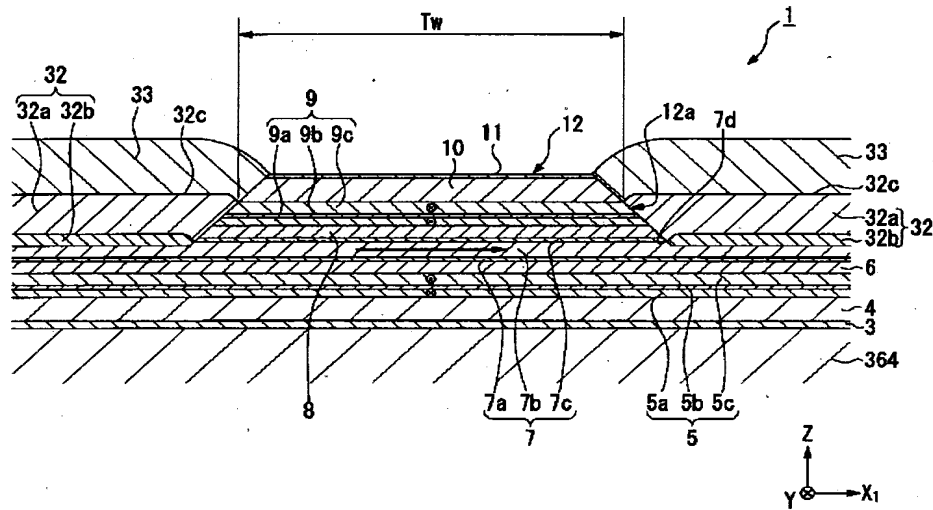
【図10】 温度と交換結合磁界との関係を示すグラフである。

【図11】 従来のスピバルブ型薄膜磁気素子を磁気記録媒体側から見た断面模式図である。

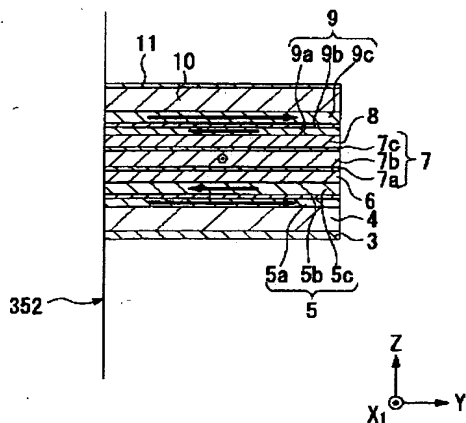
【符号の説明】

- | 【符号の説明】 | |
|---------|--------------------|
| 1 | スピナルブ型薄膜磁気素子 |
| 4 | 第1反強磁性層 |
| 5 | 第1固定磁性層 |
| 5 a | 第1強磁性ピンド層（強磁性ピンド層） |
| 5 b | 第1非磁性中間層（非磁性中間層） |
| 5 c | 第2強磁性ピンド層（強磁性ピンド層） |
| 6 | 第1非磁性導電層 |
| 7 | フリー磁性層 |
| 7 d | 凸部 |
| 8 | 第2非磁性導電層 |
| 9 | 第2固定磁性層 |
| 9 a | 第3強磁性ピンド層（強磁性ピンド層） |
| 9 b | 第2非磁性中間層（非磁性中間層） |
| 9 c | 第4強磁性ピンド層（強磁性ピンド層） |
| 10 | 第2反強磁性層 |
| 12 | 積層体 |
| 12 a | 積層突出部 |
| 32 | 反強磁性バイアス層 |
| 32 a | 第3反強磁性層 |
| 32 b | 強磁性層 |
| 33 | リード層 |
| 10 300 | 薄膜磁気ヘッド |
| 350 | 浮上式磁気ヘッド |
| 364 | 下部絶縁層（基板） |

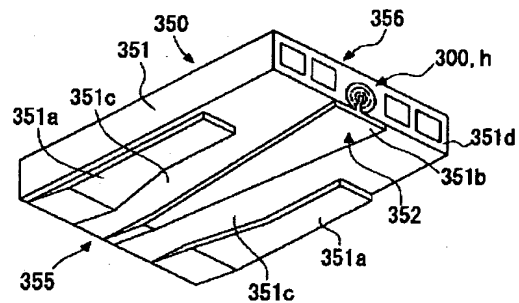
【圖 1】



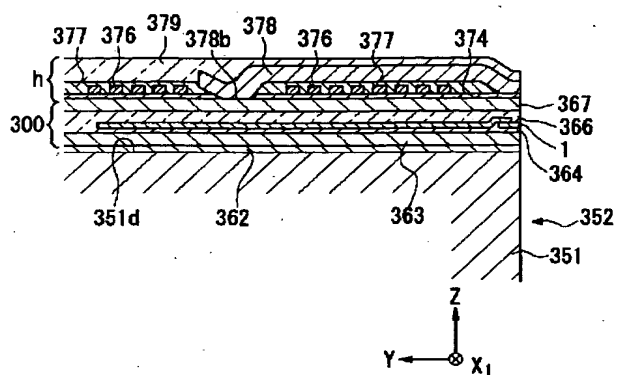
【図 2】



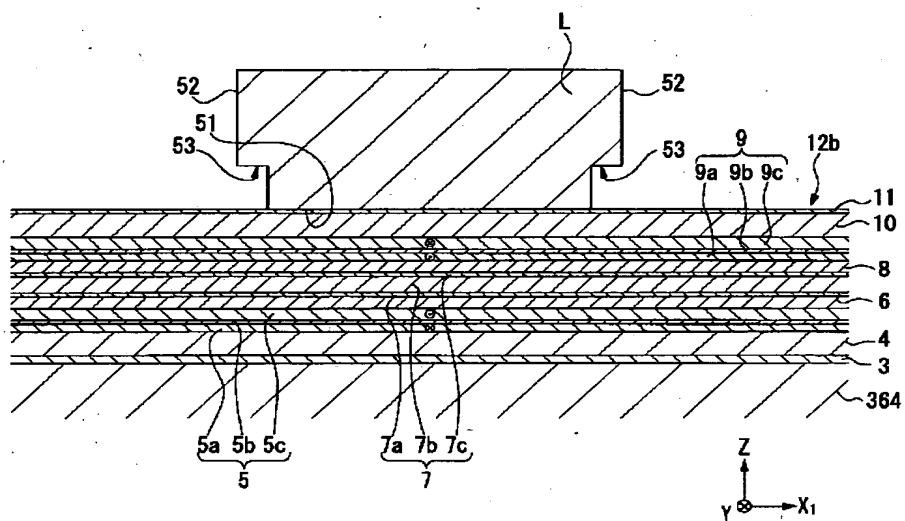
【図 3】



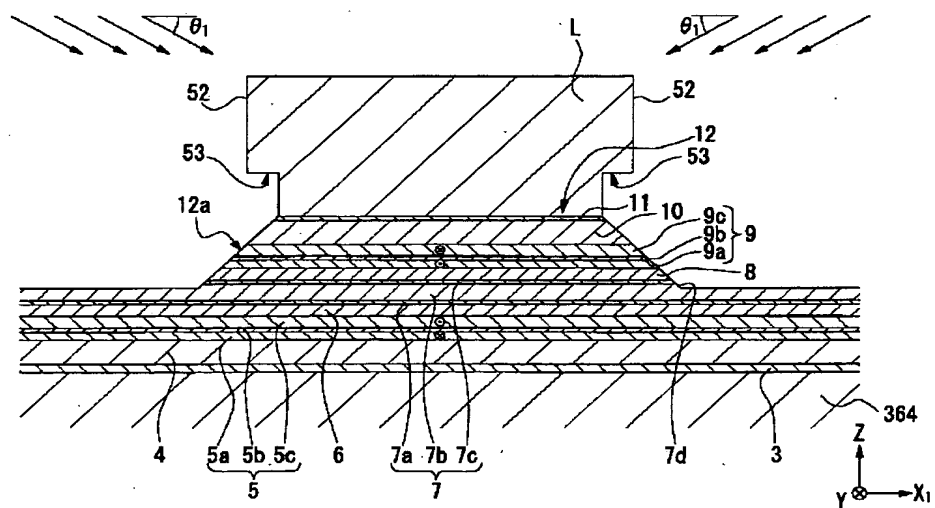
【図 4】



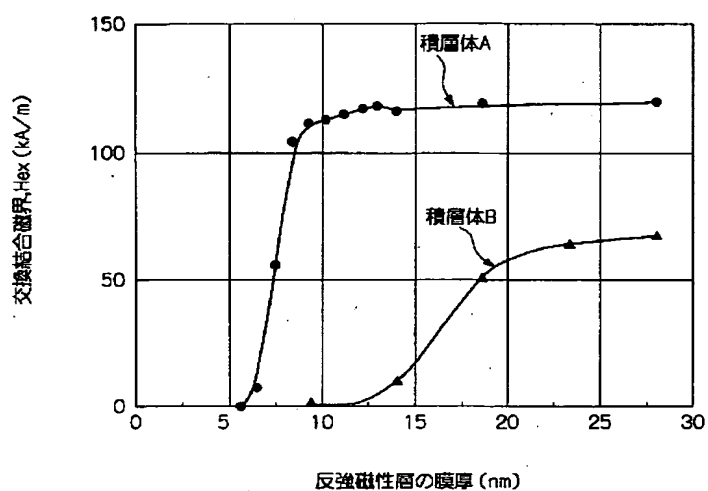
【図 5】



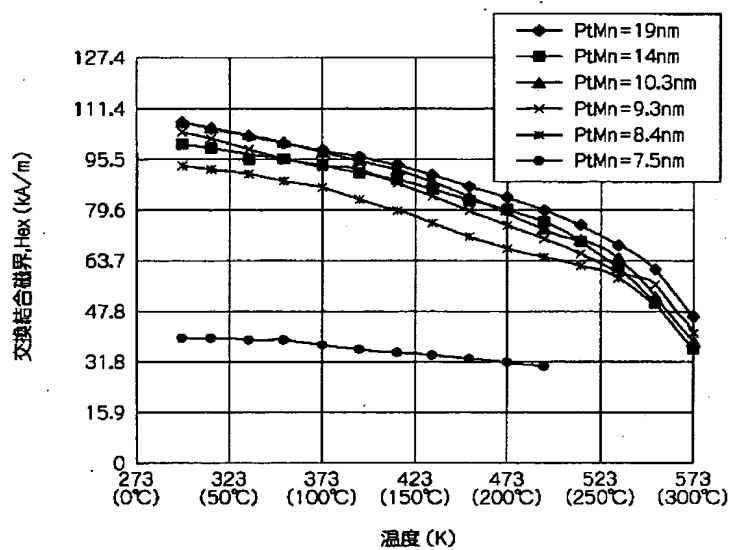
【図 6】



【図9】



【図10】



【図 11】

